

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-234259  
(43)Date of publication of application : 27.08.1999

(51)Int.Cl.

H04L 9/08  
G09C 1/00  
G09C 1/00  
H04L 9/32

(21)Application number : 10-031635  
(22)Date of filing : 13.02.1998

(71)Applicant : HITACHI LTD  
(72)Inventor : AIKAWA SHIN  
TAKARAGI KAZUO

(54) OTHER PARTY AUTHENTICATION AND KEY DELIVERY METHOD, DEVICE USING THE METHOD, CRYPTOGRAPHY COMMUNICATION METHOD AND SYSTEM THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the efficiency of other party authentication and key delivery by preparing a response by mutually using an irreversible compression function (a hash function) or a common key cryptography based on random numbers of the other party and by mutually exchanging its response.

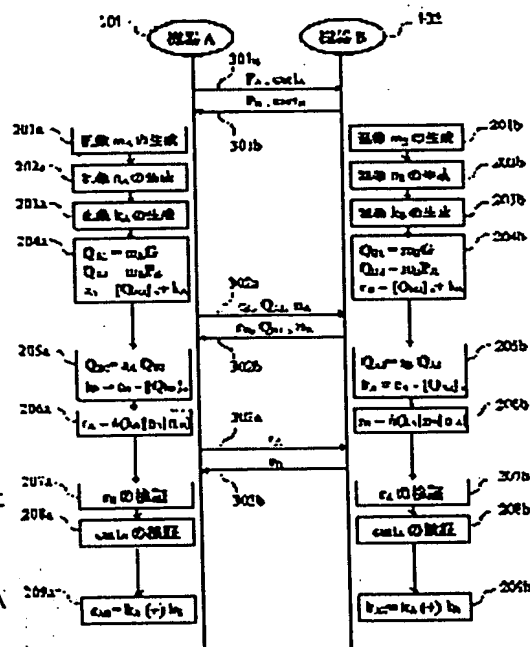
SOLUTION: Equipment A101 calculates a response  $r_A$  based on  $r_A = h$

$(K_B \parallel n_A \parallel n_B)$  by using random numbers  $k_B$ ,  $n_A$  and  $n_B$ . An arithmetic operation  $X \parallel Y$  denotes that bit sequences  $X$  and  $Y$  are connected and a function  $h(X)$  denotes a hash function. Next, the equipment A101 transmits the response  $r_A$  to equipment B102. Similarly, the equipment B102 transmits a response  $r_B$  to the equipment A101.

Next, the equipment A101 calculates  $h$

$(k_A \parallel n_A \parallel n_B)$  by using random numbers  $k_A$ ,  $n_A$  and  $n_B$  and verifies that the result is equal to the response  $r_B$  received from the equipment B102. Then,

the equipment A101 verifies a certifier  $cert_B$  of the equipment B102 by using a public key  $PLA$  of a key management organization 131. When the verification result is correct, the equipment A101 certifies that the equipment B102 is the right equipment.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-234259

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月27日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	F I	
H 0 4 L 9/08		H 0 4 L 9/00	6 0 1 C
G 0 9 C 1/00	6 2 0	G 0 9 C 1/00	6 2 0 Z
	6 4 0		6 4 0 B
H 0 4 L 9/32		H 0 4 L 9/00	6 7 5 B
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)			

(21) 出願番号 特願平10-31635

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月13日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 相川 慎

神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株式会社日立製作所システム開発研究所内

(72) 発明者 宝木 和夫

神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株式会社日立製作所システム開発研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

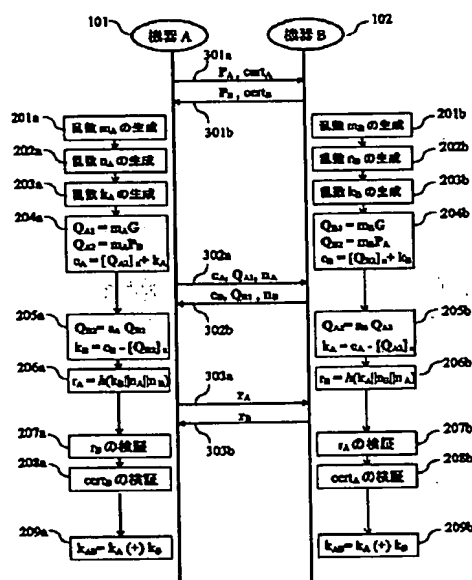
(54) 【発明の名称】 相手認証と鍵配送方法とそれを用いた装置、および、暗号通信方法と暗号通信システム

### (57) 【要約】

【課題】楕円曲線上の演算回数が少なく高速処理が可能な、相手認証と鍵配送方法を提供すること。

【解決手段】機器Aが、機器Bの公開鍵PBを楕円曲線上の演算によって乱数mA倍する処理1と、機器Bが、機器Aの公開鍵PAを楕円曲線上の演算によって乱数mB倍する、処理1と平行した処理2と、機器Aが、機器Bから送信される楕円曲線上の点QB1を、機器Aの秘密鍵sAを用いて楕円曲線上の演算によってsA倍する処理3と、機器Bが、機器Aから送信される楕円曲線上の点QA1を、機器Bの秘密鍵sBを用いて楕円曲線上の演算によってsB倍する、処理3と平行した処理4と、機器Aが、処理3を含む演算結果として得られるデータkBをハッシュ関数または共通鍵暗号で変換して得られるデータrAを機器Bに送信する処理5と、機器Bが、処理4を含む演算結果として得るデータkAをハッシュ関数または共通鍵暗号で変換して得るデータrBを機器Aに送信する処理6とを含む。

図 2



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】2つの機器Aと機器Bの間で、相手機器の正当性を確認し、共通の鍵を共有するために行う、相手認証および鍵配送方法であって、

前記機器Aが、前記機器Bの公開鍵PBを、楕円曲線上の演算によって、乱数mA倍する処理1と、

前記機器Bが、前記機器Aの公開鍵PAを、楕円曲線上の演算によって、乱数mB倍する処理を、前記処理1と並行して行う処理2と、

前記機器Aが、前記機器Bから送信される、楕円曲線上の点QB1を、前記機器Aの秘密鍵sAを用いて、楕円曲線上の演算によって、sA倍する処理3と、

前記機器Bが、前記機器Aから送信される、楕円曲線上の点QA1を、前記機器Bの秘密鍵sBを用いて、楕円曲線上の演算によって、sB倍する処理を、前記処理3と並行して行う処理4と、

前記機器Aが、前記処理3を含む演算結果から得られるデータKBを、ハッシュ関数または共通鍵暗号で変換し、その結果得られるデータrAを前記機器Bに送信する処理5と、

前記機器Bが、前記処理4を含む演算結果から得られるデータKAを、ハッシュ関数または共通鍵暗号で変換し、その結果得られるデータrBを前記機器Aに送信する処理6と、

前記機器Aが、前記データKBを含むデータから、共有鍵kABを生成する処理7と、

前記機器Bが、前記データKAを含むデータから、共有鍵kABを生成する処理8と、

を含むことを特徴とする、相手認証および鍵配送方法。

【請求項2】2つの機器Aと機器Bの間で、相手機器の正当性を確認するために行い、共通の鍵を共有する、相手認証および鍵配送方法であって、

前記機器Aと前記機器Bが、通信を開始する前に、

前記機器Aは、楕円曲線上の点Gを、楕円曲線上の演算によって乱数mA倍する処理9を行い、

前記機器Bは、楕円曲線上の点Gを、楕円曲線上の演算によって乱数mB倍する処理10を行い、

前記機器Aと前記機器Bは、処理9と処理10の後で、通信を開始し、

その後、前記機器Aは、前記処理9の演算結果を用いて、共有鍵kABの生成を行う処理11を行い、

同時に、前記機器Bは、前記処理10の演算結果を用いて、共有鍵kABの生成を行う処理12を行い、

前記処理11と前記処理12の後で、前記機器Aは前記機器Bの公開鍵PBの正当性を検証する処理13を行い、

前記機器Bは前記機器Aの公開鍵PAの正当性を検証する処理14を行うことを特徴とする、相手認証および鍵配送方法。

【請求項3】請求項1または請求項2記載の相手認証および鍵配送方法にあって、

前記機器Aが、前記機器Bに、機器Aの公開鍵と、前記機器Aの公開鍵が正しいことを証明する認証子を送る処理と、前記機器Bが、前記機器Aに、機器Bの公開鍵と、前記機器Bの公開鍵が正しいことを証明する認証子を送る処理と、

前記機器Aが、第1の乱数と、第2の乱数を生成し、前記第1の乱数を、前記機器Bの公開鍵を基に、楕円曲線暗号を用いて暗号化して、第1のメッセージを生成する処理と、

前記機器Bが、第3の乱数と、第4の乱数を生成し、前記第3の乱数を、前記機器Aの公開鍵を基に、楕円曲線暗号を用いて暗号化して、第2のメッセージを生成する処理と、

前記機器Aが、前記第2の乱数と、前記第1のメッセージを、前記受信機に送る処理と、

前記機器Bが、前記第4の乱数と、前記第2のメッセージを、前記機器Aに送る処理と、

前記機器Aが、前記第2のメッセージを、機器Aの秘密鍵を基に復号化して、前記第3の乱数を取得し、前記第3の乱数と、前記第2の乱数と、前記第4の乱数を、ハッシュ関数を用いて変換して、第3のメッセージを生成する処理と、前記機器Bが、前記第1のメッセージを、機器Bの秘密鍵を基に復号化して、前記第1の乱数を取得し、前記第1の乱数と、前記第2の乱数と、前記第4の乱数を、前記ハッシュ関数を用いて変換して、第4のメッセージを生成する処理と、

前記機器Aが、前記第3のメッセージを、前記受信機に送る処理と、

前記機器Bが、前記第4のメッセージを、前記機器Aに送る処理と、

前記機器Aが、第1の乱数と、前記第2の乱数と、前記第4の乱数を、前記ハッシュ関数を用いて変換した結果と、前記第3のメッセージが同値であることを検証する処理と、

前記機器Aが、前記機器Bの認証子が正しいことを検証する処理と、

前記機器Bが、第3の乱数と、前記第2の乱数と、前記第4の乱数を、前記ハッシュ関数を用いて変換した結果と、前記第1のメッセージが同値であることを検証する処理と、

前記機器Bが、前記機器Aの認証子が正しいことを検証する処理と、

前記機器Aは、前記第1の乱数と、前記第3の乱数を基に、共有鍵を生成する処理と、

前記機器Bは、前記第1の乱数と、前記第3の乱数を基に、共有鍵を生成する処理と、

をことを特徴とする、相手認証および鍵配送方法。

【請求項4】請求項1または請求項2記載の相手認証および鍵配送方法であって、

相手認証処理および共通鍵の生成を行う、認証手段と、

共通鍵暗号による暗号交換を行う、暗号交換手段と、  
 を有する送信装置と、  
 前記認証手段と、前記暗号交換手段が行う暗号交換の逆  
 交換を行う、復号交換手段と、  
 を有する受信機器と、  
 映画などのコンテンツデータを配信する、コンテンツブ  
 ロバイダーと、  
 前記送信機器と前記受信機器の、秘密鍵と公開鍵を管理  
 する、鍵管理機関とを含み、  
 前記送信機器は、前記コンテンツプロバイダーから配信  
 されたコンテンツデータを、前記共通鍵を用いて、前記  
 暗号交換手段により暗号化して、暗号文データを送信  
 し、  
 前記受信機器は、前記送信機器から受信した、前記暗号  
 文データを、前記共通鍵を用いて、前記復号交換手段で  
 により復号化して、元の前記コンテンツデータを得るこ  
 とを特徴とする、暗号通信システム。

【請求項5】請求項4記載の鍵管理機関において、  
 楕円暗号に基づいて、前記鍵管理機関の秘密鍵と公開鍵  
 と、前記送信機器の秘密鍵と公開鍵と、前記受信機器の  
 秘密鍵と公開鍵と、を生成する、鍵生成手段と、  
 前記鍵管理機関の秘密鍵を基に、前記送信機器の公開鍵  
 の正当性を証明する認証子と、前記受信機器の公開鍵の  
 正当性を証明する認証子と、を生成する、認証子生成手  
 段と、  
 前記鍵管理機関の秘密鍵と公開鍵と、前記送信機器の秘  
 密鍵と公開鍵と認証子と、前記受信機器の秘密鍵と公開  
 鍵と認証子を、保持する、保持手段から成り、  
 前記送信機器は、鍵管理機関から、前記鍵管理機関の公  
 開鍵と、前記送信機器の秘密鍵と公開鍵と認証子とを、  
 安全に取得し、  
 前記受信機器は、鍵管理機関から、前記鍵管理機関の公  
 開鍵と、前記受信機器の秘密鍵と公開鍵と認証子とを、  
 安全に取得することを特徴とする請求項4記載の暗号通  
 信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、コンピュータ、情  
 報家電機器等の間で行われるデジタルデータの伝送に関  
 するものである。

【0002】

【従来の技術】今後発展すると予想されるデジタル情報  
 家電機器においては、デジタルデータの不正な複写を防  
 ぐための暗号技術が必須になる。たとえば、デジタル放  
 送受信機で受信したデジタル映像データを、D-VHS  
 (Digital-VHS)などのデジタル録画機器にデジタル録  
 画する場合、デジタル映像データに著作権があれば、そ  
 れを保護する必要がある。著作権を保護するためには、  
 デジタル複写の制限を設け、相手認証、映像データの暗  
 号交換などの暗号化手段を用いて、データの改ざんや不

正な複写を防止する機能が各装置に必要になる。ここ  
 で、相手認証とは、接続相手の機器が正当な機器である  
 ことを検証することで、不正な機器による、不正行為を  
 防止する方法である。

【0003】暗号化手段としての、暗号交換アルゴリズム  
 は、大きく、共通鍵暗号と、公開鍵暗号の、二つに分  
 類される。共通鍵暗号は、暗号化と復号化で同一の鍵を  
 用いる暗号である。これに対して、公開鍵暗号は、暗号  
 化に用いる鍵と、復号化に用いる鍵が異なる暗号であ  
 る。共通鍵暗号は、公開鍵暗号に比べて、ハードウェア  
 とソフトウェアでの処理速度が速い。上述した映像デー  
 タの暗号交換は、高速処理を必要とするので、一般に共  
 通鍵暗号が用いられる。しかし、データの暗号交換に共  
 通鍵暗号を用いる場合、受信側と送信側の両者に、事前  
 に、共通の鍵(共通鍵)を秘密に配送する、鍵配送を実  
 行しておく必要がある。

【0004】公開鍵暗号は、暗号化のための鍵を公開鍵  
 と呼び、関係者に公開する。一方、復号化のための鍵を  
 秘密鍵と呼び、自分だけが秘密に持つておく。公開鍵暗  
 号を用いて、暗号通信を行う場合は以下のようにして行  
 う。まず、送信者は、受信者の公開鍵を取得する。ここ  
 で、公開鍵は、秘密にする必要はない。次に、送信者  
 は、受信者の公開鍵を用いて、メッセージを暗号化する。  
 最後に、受信者は、暗号化されたメッセージを、自  
 分の秘密鍵で復号化する。受信者の公開鍵で暗号化した  
 メッセージを、正しく復号化できるのは、秘密鍵を知っ  
 ている受信者だけなので、暗号通信が成立することにな  
 る。このような、公開鍵暗号は、秘密情報(すなわち秘  
 密鍵)を、一個所で秘密に管理しておけばよいので、共  
 通鍵方法に比べて、秘密情報がばれにくい。このため、  
 一般に、公開鍵暗号は、相手認証や鍵配送手段に用いら  
 れる場合が多い。

【0005】公開鍵暗号には、たとえば、Alfred J. Me  
 nezes, Paul C. van Oorschot, Scott A. Vanstone, "  
 Handbook of Applied Cryptography", CRC Press, 199  
 7.に紹介されているようなアルゴリズムがある。ここで  
 は、近年有望視されている楕円曲線暗号について簡単に  
 説明する。楕円暗号とは、1985年にMillerとKoblitzによ  
 って、それぞれ独立に考案された、公開鍵暗号である。  
 これは、楕円曲線上の点 $Q$ の $k$ 倍点を求めるのは簡単だ  
 が、結果の $kQ$ という値から、逆に $k$ を推定するのが困難  
 であるという、楕円曲線上の離散対数問題の困難性を拠  
 り所とする。楕円曲線暗号では、整数 $s$ をランダムに選  
 び、これを秘密鍵とする。また、ベースポイントと呼ば  
 れる楕円曲線上の定点 $G$ を任意に選び、 $P=sG$ を計算し、  
 これを公開鍵とする。上述したように、公開鍵 $P$ とベ  
 スポイント $G$ からは、秘密鍵 $s$ を推定するのが難しい。

【0006】公開鍵暗号で相手認証を行う場合、デジ  
 タル署名を用いる方法が考えられる。ここで、デジタル署  
 名とは、メッセージが生成された内容と同じであるとい

う真正性を保証するのに用いられ、公開鍵暗号によって実現される。デジタル署名は、署名者が自分の秘密鍵を用いて、メッセージを変換することで生成される。検証者は署名者からメッセージとそのデジタル署名を受け取り、デジタル署名を、署名者の公開鍵を用いて変換する。そして、変換結果が、署名者のメッセージと同じであることを検証する。デジタル署名を生成できるのは、正しい秘密鍵を知っている署名者だけなので、これによって、メッセージの真正性を照明できる。デジタル署名としては、たとえば、IEEE1363で標準化されている、楕円曲線暗号を用いた、ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm)や、ECSS (Elliptic Curve Signature Scheme)が挙げられる。このデジタル署名を以下のような手順で用いることで、相手認証を行うことができる。ここで、認証をされる側を利用者、認証を行う側を検証者と呼ぶものとする。

【0007】(1) 検証者は、乱数  $r$  を生成し、チャレンジとして利用者に送る。

(2) 利用者は、自分の秘密鍵  $s$  を用いて、 $r$  に対するデジタル署名  $t = S(s, r)$  を求め、レスポンスとして検証者に送る。

(3) 検証者は、利用者の公開鍵  $p$  を用いて、デジタル署名を変換し、その変換結果が  $r$  と等しければ、検証者は、利用者が正当な秘密鍵を持った、正しい利用者であることを認証する。この方法は、チャレンジ・レスポンス型の相手認証である。この手順を、今度は、検証者と利用者が入り替わって実行するすれば、相互に相手を認証することができる。

【0008】鍵配送に関しては、共有したい鍵を、一方で生成し、公開鍵暗号を用いて暗号化して、他方に送る方法がある。あるいは、Diffie-Hellman鍵配送方法と呼ばれる手法がある。これは、離散対数問題の困難性を拠る所としている。Diffie-Hellman鍵配送方法は、前述した楕円曲線暗号を用いても実現できる。以下、この手順を説明する。図4において、機器A11と機器B12が暗号鍵  $k_{AB}$  を共有するために、楕円暗号を用いたDiffie-Hellman鍵配送方法を行っている。ここで、機器A11と機器B12の間で、予め共通のベースポイント  $G$  を決めておく。まず機器A11は、乱数  $k_A$  を生成し秘密に保持する(処理21a)。続いて、ベースポイント  $G$  を用いて  $VA = k_A G$  を計算する(処理22a)。同様に、機器B12は、乱数  $k_B$  を生成し、秘密に保持する(処理21b)。続いて、ベースポイント  $G$  を用いて  $VB = k_B G$  を計算する(処理22b)。次に、機器A11は機器B12に  $VA$  を転送する(処理31a)。同様に、機器B12は機器A11に  $VB$  を転送する(処理31b)。 $VA$  と  $VB$  が通信路上に流れたとしても、 $VA$  からは  $k_A$  の値を推測するのが困難であり、 $VB$  からは  $k_B$  の値を推測するのが困難である。次に、機器A11は、 $VB$  と  $k_A$  を用いて、 $k_{AB} = k_A VB$  を計算し、これを暗号鍵とする(処理23a)。同

様に、機器B12は、 $VA$  と  $k_B$  を用いて、 $k_{AB} = k_B VA$  を計算し、これを暗号鍵とする(処理23b)。ここで、 $k_{AB} = k_A VB = k_A (k_B G) = k_B (k_A G) = k_B VA$  が成り立つので暗号鍵の共有が可能になる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかし、楕円曲線暗号は、楕円曲線上の演算  $kG$  の計算にかなりの処理時間を要する。上述したデジタル署名ECDSAを用いた、相手認証では、署名作成に1回、署名検証に2回の合計3回行う必要がある。また、楕円Diffie-Hellman鍵配送方法においては、それぞれの機器が、2回ずつ行う必要がある。したがって、ECDSAと楕円Diffie-Hellman鍵配送方法を、民生機器用の低コストのハードウェアに実装し、デジタル機器間の相手認証と鍵配送に用いた場合、リアルタイム性を損なう可能性がある。また、相手認証と、鍵配送をそれぞれ独立した方法を用いて行っていたため、全体としての効率が考慮されていない。

【0010】本発明の目的は、相手認証と鍵配送とを組み合わせ、相手認証と鍵配送とを効率よく実行する方法と、それを用いた装置を提供することである。具体的な本発明の目的は、上述の、相手認証と鍵配送とを効率よく実行する方法と、それを用いた装置を提供するために、楕円曲線上の演算回数を少なくして処理を高速化することである。また、本発明の他の目的は、リアルタイム性を損なわない高速で安全な相手認証と鍵配送方法を用いた暗号通信方法を提供することである。さらに、上記暗号通信方法を用いた暗号通信システムと、それに用いる個々の装置、すなわち暗号通信に用いる送信装置と受信装置を提供することである。また、上記暗号通信方法を用いた、リアルタイム性を損なわない高速で安全な暗号通信方法を用いたデジタルデータ転送方法とそれを用いたデジタル機器を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の認証処理手段は、相互が異なる乱数を楕円暗号で暗号化して交換し、相互が相手の前記乱数を復号化して取得し、これをもとに暗号鍵を共有する。さらに、相互が前記相手の乱数を基に、非可逆的な圧縮関数(ハッシュ関数)または共通鍵暗号を用いることで、レスポンスを作成し、相互が前記レスポンスを交換し、相互に相手の前記レスポンスを検証しあうことで、相手が正当であることを相互に認証する。

【0012】具体的には、本発明では、機器Aが、機器Bの公開鍵  $pb$  を、楕円曲線上の演算によって、乱数  $m_A$  倍する処理1と、機器Bが、機器Aの公開鍵  $pa$  を、楕円曲線上の演算によって、乱数  $m_B$  倍する処理を、処理1と平行して行う処理2と、機器Aが、機器Bから送信される、楕円曲線上の点  $Q_{B1}$  を、機器Aの秘密鍵  $sa$  を用いて、楕円曲線上の演算によって、 $sa$  倍する処理3と、機器Bが、機器Aから送信される、楕円曲線上の点  $Q_{A1}$  を、機器Bの秘密鍵

7  
sBを用いて、楕円曲線上の演算によって、sB倍する処理を、処理3と平行して行う処理4と、機器Aが、処理3を含む演算結果として得られるデータkBを、ハッシュ関数または共通鍵暗号で変換し、その結果得られるデータrAを機器Bに送信する処理5と、機器Bが、処理4を含む演算結果として得られるデータkAを、ハッシュ関数または共通鍵暗号で変換し、その結果得られるデータrBを機器Aに送信する処理6とを設けた。

【0013】本発明によれば、鍵配送処理の結果を用いて、ハッシュ関数または共通鍵暗号で相手認証処理でのレスポンス作成を行うことができる。これにより、楕円曲線上の演算回数を減らすことができ、処理の高速化が可能になり、上述の目的を達成することが可能になる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。まず、本発明の実施形態に係る、相手認証および鍵配送方法について説明する。図1は、暗号通信を行う二つの機器を示すブロック図である。図1において、機器A101と機器B102は、通信路120を介して接続されている。機器A101は、暗号変換手段103と、認証処理手段A105と、データ処理手段A107と、記憶手段A109とを備える。機器B102は、復号変換手段104と、認証処理手段B106と、データ処理手段B108と、記憶手段B110とを備える。

【0015】機器A101のデータ処理手段A107は、コンテンツプロバイダ141が配信するコンテンツデータを処理する。本実施例は、本発明の一適用例として、機器A101にデジタル放送受信装置、コンテンツプロバイダ141にデジタル放送サービス提供機能を想定している。この場合、データ処理手段A107は、MPEG2-TS (Transport Stream) 形式のような、デジタル番組データの受信、多重分離、伸長などを行う。また、機器B102は、デジタル録画装置を想定している。この場合、データ処理手段B108は、デジタル番組データの多重分離、伸長、蓄積などを行う。機器A101の暗号変換手段103は、暗号鍵kABを用いて、データ処理手段A107より出力されるコンテンツデータに、共通鍵暗号方法による暗号変換を施し、通信路120上に暗号データを流す。機器B102の復号変換手段104は、暗号変換手段103で暗号変換された、暗号データを暗号鍵kABを用いて復号化して、元のコンテンツデータを得て、データ処理手段B108に輸入する。これによって、暗号通信が行われる。

【0016】ここで、暗号変換手段103と復号変換手段104で用いる暗号鍵を同一の値に設定しておく必要がある。また、暗号通信の前に、各機器がお互いを相手認証しておく必要がある。これらの処理を行うのが、認証処理手段A105および認証処理手段B106である。認証処理手段A105と認証処理手段B106は、楕円曲線暗号を用いた相手認証と暗号鍵の交換(共有)を行う。このとき、認証処理手段A105は、記憶手段A109に保持されている、機器A

01の公開鍵PA、秘密鍵sA、認証子certA、および、鍵管理機関の公開鍵PLAを用いる。同様に、認証処理手段B106は、記憶手段B110に保持されている、機器B102の公開鍵PB、秘密鍵sB、認証子certB、および、PLAを用いる。

【0017】各機器が保持する、秘密鍵と公開鍵と認証子は、楕円曲線暗号を基に生成され、鍵管理機関131によって管理される。鍵管理機関131は、鍵生成手段132と認証子生成手段133と保持手段134からなる。鍵生成手段132において、各機器の秘密鍵と公開鍵、および鍵管理機関131の秘密鍵と公開鍵が生成される。秘密鍵と公開鍵の生成方法は、上述した通りである。すなわち、機器A101の秘密鍵sAを定め、楕円曲線上の定点であるベースポイントGを用いて、公開鍵をPA = sA Gと定める。同様に、機器B102および鍵管理機関の秘密鍵をsA、sLAと定め、同じベースポイントGを用いて、公開鍵をPB = sB G、PLA = sLA Gと定める。ここで、ベースポイントGの値は隠す必要がなく、公開してもよい。これらの鍵は、保持手段134により秘密に保持される。認証子生成手段133では、各機器の認証子が生成される。各機器の認証子は、各機器の公開鍵のデジタル署名であり、鍵管理機関131の秘密鍵を用いて生成される。認証子の生成方法は、一例として従来の技術で述べた、楕円暗号によるデジタル署名アルゴリズムECDSAに従う。生成された認証子は、保持手段134で保持される。

【0018】鍵管理機関131は、安全な通信路A121を介して、機器A101に、PA、sA、certA、PLAを転送する。あるいは、機器A101の製造時に記憶手段A109に埋め込んでおいてもよい。同様に、鍵管理機関は、安全な通信路B122を介して、機器B102に、PB、sB、certB、PLAを転送する。あるいは、機器B102の製造時に記憶手段B110に格納しておいてもよい。

【0019】なお、図1において、記憶手段A109、B110は、半導体メモリを用い、たとえば後から上述の情報を記憶する場合は電源バックアップされたRAM、フラッシュメモリ、EEPROMなどの書き込み可能な不揮発メモリを用いることができ、機器の製造時に格納する場合は、上記のほかROMを使うことができる。さらに、認証処理手段A105、B106は、それぞれチップマイコンや、プログラムメモリ外付けのMPUなどが以下説明する処理を実現するプログラムを実行することで実現されるものである。さらに、安全な通信路B122の代わりに、ICカードのような記憶媒体を用いても良い。

【0020】図2は、機器A101の認証処理手段A105と機器B102の認証処理手段B106の間で行われる、相互相手認証のフロー図である。ここで、相手認証は、鍵管理機関が生成した正しい秘密鍵を、相手の機器が保持していることを、その秘密鍵を明かすことなく、検証機器が確認することで行われる。以下、このフロー図を順を追って説明していく。

【0021】まず、機器Aは、自分の公開鍵PAと認証子certAを機器Bに送る(処理301a)。同様に、機器Bは、自分の公開鍵PBと認証子certBを機器Aに送る(処理301b)。次に、機器A101は、乱数mAの生成(処理201a)、乱数nAの生成(処理202a)、乱数kAの生成(処理203a)を行う。201a~203aの処理順序は制限されない。ここで、乱数mAと乱数kAは機器A101が秘密に保持する。また、乱数nAは、機器B102へのチャレンジである。続いて、機器A101は、乱数kAを機器Bの公開鍵PBを用いて暗号化してcAを生成する(処理204a)。この暗号変換は、楕円曲線暗号を用いる。処理204aの手順は以下の通りである。

【0022】(1) 乱数mAとベースポイントGから、 $QA1 = mA \cdot G$ を計算する。

(2) 乱数mAと機器Bの公開鍵PBから、 $QA2 = mA \cdot PB$ を計算する。

(3)  $cA = [QA2] \cdot x + kA$ を計算する。ここで、 $[QA2] \cdot x$ は点QA2のx座標である。 $[QA2] \cdot x$ の値が分からなければ、cAからkAを知ることができない。

【0023】同様に、機器B102は、乱数mBの生成(処理201b)、乱数nBの生成(処理202b)、乱数kBの生成(処理203b)を行う。201b~203bの処理順序は制限されない。ここで、乱数mBと乱数kBは機器B102が秘密に保持する。また、乱数nBは、機器A101へのチャレンジである。続いて、機器B102は、乱数kBを機器Aの公開鍵PAを用いて暗号化しcBを生成する(処理204b)。処理204bの手順は、処理204aと同様であり、以下のように行われる。

【0024】(1) 乱数mBとベースポイントGから、 $QB1 = mB \cdot G$ を計算する。

(2) 乱数mBと機器Bの公開鍵PAから、 $QB2 = mB \cdot PA$ を計算する。

(3)  $cB = [QB2] \cdot x + kB$ を計算する。ここで、 $[QB2] \cdot x$ は点QB2のx座標である。 $[QB2] \cdot x$ の値が分からなければ、cBからkBを知ることができない。

【0025】ここで、機器A101が行う処理201a~204aと機器B102が行う処理201b~204bは、それぞれの機器で同時に実行することが可能である。次に、機器A101はcAとnAとQA1を機器B102に送る(処理302a)。同様に、機器B102はcBとnBとQB1を機器A101に送る(処理302b)。次に、機器A101は、cBを、機器Aの秘密鍵sAとQB1を用いて復号化し、kBを取得する(処理205a)。処理205aの手順は以下の通りである。

【0026】(1) 機器A101の秘密鍵sAとQB1から、 $B2 = sA \cdot QB1$ を得る。この式は、 $sA \cdot QB1 = sA \cdot (mB \cdot G) = mB \cdot (sA \cdot G) = mB \cdot (PA)$ より成り立つことが分かる。QB2の値は、機器A101と機器B102しか知ることができない。

(2)  $kB = cB - [QB2] \cdot x$ を計算する。

【0027】同様に、機器B102は、cAを、機器B102の秘密鍵sBとQA1を用いて復号化し、kAを取得する(処理205

b)。処理205bの手順は、処理205aと同様で、以下の通りである。

【0028】(1) 機器B102の秘密鍵sBとQA1から、 $A2 = sB \cdot QA1$ を得る。この式は、 $sB \cdot QA1 = sB \cdot (mA \cdot G) = mA \cdot (sB \cdot G) = mA \cdot (PB) = QA2$ より成り立つことが分かる。QA2の値は、機器A101と機器B102しか知ることができない。

(2)  $kA = cA - [QA2] \cdot x$ を計算する。

【0029】次に、機器A101は、kBとnAとnBを用いて、レスポンスrAを以下のように計算する。

$rA = h(kB || nA || nB)$  (処理206a)

ここで、演算 $X || Y$ は、ビット列Xとビット列Yを結合することを表す。また、関数 $h(X)$ は、ハッシュ関数である。ハッシュ関数とは、任意長のデータを固定長のデータに圧縮する非可逆的な関数であり、デジタル署名や認証などの目的で広く用いられる。ハッシュ関数の演算負荷は、楕円暗号演算処理の数%しかなく小さいので、本発明の処理速度向上に寄与する。同様に、機器B102は、kAとnAとnBを用いて、レスポンスrBを以下のように計算する。

$rB = h(kA || nB || nA)$  (処理206b)

ここで、機器A101が行う処理205aおよび206aと、機器B102が行う処理205bと206bは、それぞれの機器で同時に実行することが可能である。また、この処理206a、206bでは、ハッシュ関数を使う代わりに同様に計算負荷が小さい共通鍵暗号を用いても良い。すなわち、nAとnBとを、kAを鍵とした共通鍵暗号を用いてレスポンスrBを作成しても良い。

【0030】次に、機器A101は、機器B102にレスポンスrAを送る(処理303a)。同様に、機器B102は、機器A101にレスポンスrBを送る(処理303b)。次に、機器A101はkAとnAとnBを用いて $h(kA || nB || nA)$ を計算し、その結果が機器B102から受け取ったレスポンスrBと等しいことを検証する(処理207a)。これによって、機器Aが受け取った、機器B201の公開鍵に対応する秘密鍵を、機器B201が保持していることを認証する。機器B201が秘密鍵sBを保持していなければ、機器B201はkAを取得することができず、したがって、正しいレスポンスrBを生成できない。同様な方法で、機器B102は、機器A101のレスポンスrAを検証する(処理207b)。

【0031】次に、機器A101は、機器B102の認証子certBを検証する(処理208a)。認証子certBの検証は、一例として従来の技術で説明したデジタル署名アルゴリズムであるECDSAに従い、鍵管理機関131の公開鍵PLAを用いて行われる。これによって、機器A101は、機器B102の公開鍵PBが正しいことを確認する。したがって、処理207aと処理208aの検証結果が共に正しいければ、機器A101は機器B102が正しい秘密鍵を持っていることを確認でき、機器A101は機器B102を正しい機器と認証する。もし、処理207aと処理208aの検証結果のどちらかが正しくなければ

ば、機器A101は機器B102を不正な機器と判断し、認証処理を中止する。

【0032】同様に、機器B102は、機器A101の認証子certAを検証する（処理208b）。処理208bは処理208aと同様な手法で行われる。機器B102は、処理207bと処理208bの検証結果が共に正しいことを確認することで、機器A101を正しい機器と認証する。もし、処理207bと処理208bの検証結果のどちらかが正しくなければ、機器B102は機器A101を不正な機器と判断し、認証処理を中止する。ここで、機器A101が行う処理207aおよび208aと、機器B102が行う処理207bおよび208bは、それぞれの機器で同時に実行することが可能である。

【0033】機器A101は、機器B102を認証したら、暗号鍵kABを以下のように生成する。

$kAB = kA (+) kAB$  （処理209a）

ここで、演算子(+)は、排他的論理和を表す。

【0034】同様に、機器B102は、機器A101を認証したら、暗号鍵kABを機器A101と同じ方法で生成する（処理209b）。このように、暗号鍵kABの共有は、前述した相手認証を行うために暗号化して交換し合ったkAとkBを用いるので、改めて楕円曲線上の演算を行う必要がない。

【0035】以上の手順で、機器A101と機器B102は、相互に相手認証を行い、暗号鍵kABを共有する。この相手認証および鍵配送方法において、機器A101が行う楕円曲線上の演算の回数は、処理204aの暗号交換に2回、処理205aの復号交換に1回、処理208aの認証子の検証に2回の合計5回である。機器B102も同様に5回である。もし、認証子の検証に加えて、相手認証のチャレンジ・レスポンスに、従来の技術で説明した、デジタル署名アルゴリズムECDSAを用い、暗号鍵の共有にDiffie-Hellman鍵配送方法を用いると、それぞれの機器における、楕円曲線上の演算は、レスポンス用の署名作成に1回、この署名の検証に2回、認証子の検証に2回、鍵配送に2回の合計7回必要になる。従って、本発明における、相手認証および鍵配送方法の方が、楕円曲線上の演算回数が少なく、したがって、処理時間が短くなる。

【0036】なお、認証子の検証は、それぞれ相手の公開鍵の真正性を検証するための処理であり、相手の公開鍵が正しいという前提にたてば省略することも可能である。その際は、楕円曲線上の演算回数が従来方法の5回に比べ、3回で済むことになる。また、処理202bにおいて乱数nBを用いることで、たとえ相手から送られてくるkAとnAとが変化しなくてもレスポンスrBを変化させることができるので、解読攻撃に対して強度を高めることができる。

【0037】次に、本発明の他の実施例に係る、相手認証および鍵配送方法について説明する。図3は機器A101と機器B102とが行う、相手認証および鍵配送手順のフロー図である。ここで、機器A101と機器B102の構成は、上記実施例で図1を用いて説明した構成と同様であるもの

とする。また、図3において、機器A101が行う処理201a～203aと205a～209a、機器B102が行う処理201b～203bと205b～209bは、上記実施例で図2を用いて説明した処理と同じである。さらに、図3において、機器A101が行う処理401aと処理402aをまとめたものは、図2を用いて説明した処理204aと同じであり、図3において、機器B102が行う処理401bと処理402bをまとめたものは、図2を用いて説明した処理204bと同じである。本実施例の相手認証および鍵配送方法と、上記実施例で説明したものととの相違点は、相手認証および鍵配送処理の前に、乱数の生成と、ベースポイントGを用いた楕円計算を、前処理として行っておくことと、相手認証および鍵配送処理時には、相手からのレスポンスの検証と、相手の公開鍵の正当性を証明する認証子の検証を行わず、相手認証および鍵配送処理後の暗号通信中に、後処理として行うことである。

【0038】機器Aは、処理201aの乱数mAの生成、処理202aの乱数nAの生成、処理203aの乱数kAの生成、および処理401aの $QA1 = mA \cdot G$ の楕円演算を前処理として行っておく。同様に、機器Bは、処理201bの乱数mBの生成、処理202bの乱数nBの生成、処理203bの乱数kBの生成、および処理401bの $QB1 = mB \cdot G$ の楕円計算を前処理として行っておく。処理401aと処理401bの楕円演算が前処理として行えるのは、予め分かっているベースポイントGの演算であるからである。機器A101の前処理による計算結果は、図1の記憶手段A109に保持しておく。また、機器B102の前処理による計算結果は、図1の記憶手段B110に保持しておく。この前処理による計算結果を、相手認証および鍵配送処理で用いる。ここで、前処理の計算結果を、記憶手段に複数組保持しておき（これらは、乱数を基に生成されるので、すべて異なった値になる）、相手認証および鍵配送処理時にその中から、任意の組を選んで用いてもよい。さらに、前処理による計算は、機器A101と機器B102の製造時に行い、記憶手段A109と記憶手段B110とに格納しておいてもよい。これらの計算結果への記憶、記憶手段への格納の実現方法は、上記実施例と同様である。

【0039】相手認証および鍵配送処理で、前処理の計算結果を使いってしまった場合は、次に相手認証と鍵配送処理を行う場合に備えて、機器の処理に余裕があるときに、前処理を実行して上記記憶手段へ格納しておけばよい。

【0040】また、図3において、機器A101と機器B102は、処理303aと処理303bで、レスポンスを交換し合った後、すぐに機器A101は処理209aで暗号鍵kABを生成し、同様に機器B102は処理209bで暗号鍵kABを生成する。そして、共有した暗号鍵kABを用いて、暗号通信を開始する。暗号通信開始後に、機器A101は、機器B102のレスポンスrBの検証（処理207a）と、機器B102の認証子certBの検証（処理208a）を、後処理として行う。もし、処理



207aと処理208aの検証結果のどちらかが正しくなければ、機器A101は機器B102を不正な機器と判断し、直ちに暗号通信を中止する。同様に、機器B102は、機器A101のレスポンス $r_A$ の検証(処理207b)と機器A101の認証子 $cert_A$ の検証(処理208b)を、後処理として、暗号通信開始後に行う。もし、処理207bと処理208bの検証結果のどちらかが正しくなければ、機器B102は機器A101を不正な機器と判断し、直ちに暗号通信を中止する。ここで、認証子は上記実施例と同様にECDSAを用いているので、その検証には、2回の楕円計算が必要になる。認証子の検証には、上述のようにECSSを使うこともできる。

【0041】本実施例の相手認証と鍵配送方法は、相手認証と鍵配送を行うために実行する楕円計算を、前処理およびとして1回行い、後処理として2回行うので、上記実施例の相手認証および鍵配送方法に比べて、より短い処理時間で実行することができ、相手認証および鍵配送処理のさらなる高速化が可能になる。

【0042】

【発明の効果】本発明によれば、相手認証および鍵配送方法において、相手認証および鍵配送処理時に行う、楕円曲線上の演算回数が少なく、高速処理が可能な、相手認証および鍵配送を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係る、暗号通信を行う機器の\*

\* システムブロック図である。

【図2】本発明の実施例に係る、相手認証および鍵配送方法の手順を示すフロー図である。

【図3】本発明の他の実施例に係る、相手認証および鍵配送方法の手順を示すフロー図である。

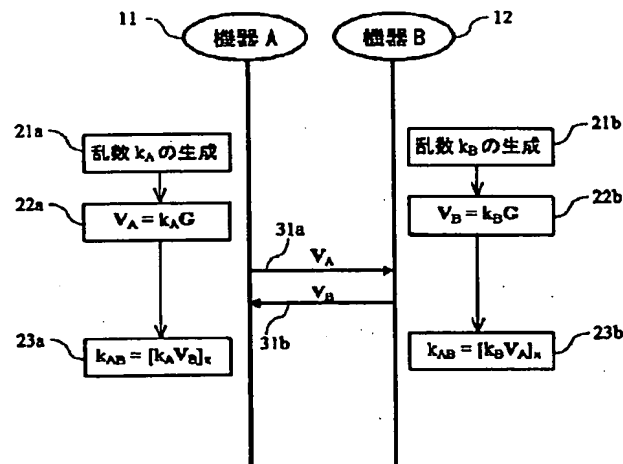
【図4】楕円暗号を用いた、Diffie-Hellman鍵配送方法の手順を示すフロー図である。

【符号の説明】

- 101...機器A
- 102...機器B
- 103...暗号変換手段
- 104...復号変換手段
- 105...認証処理手段A
- 106...認証処理手段B
- 107...データ処理手段A
- 108...データ処理手段B
- 109...記憶手段A
- 110...記憶手段B
- 121...通信路
- 131...鍵管理機関
- 132...鍵生成手段
- 133...認証子生成手段
- 134...保持手段

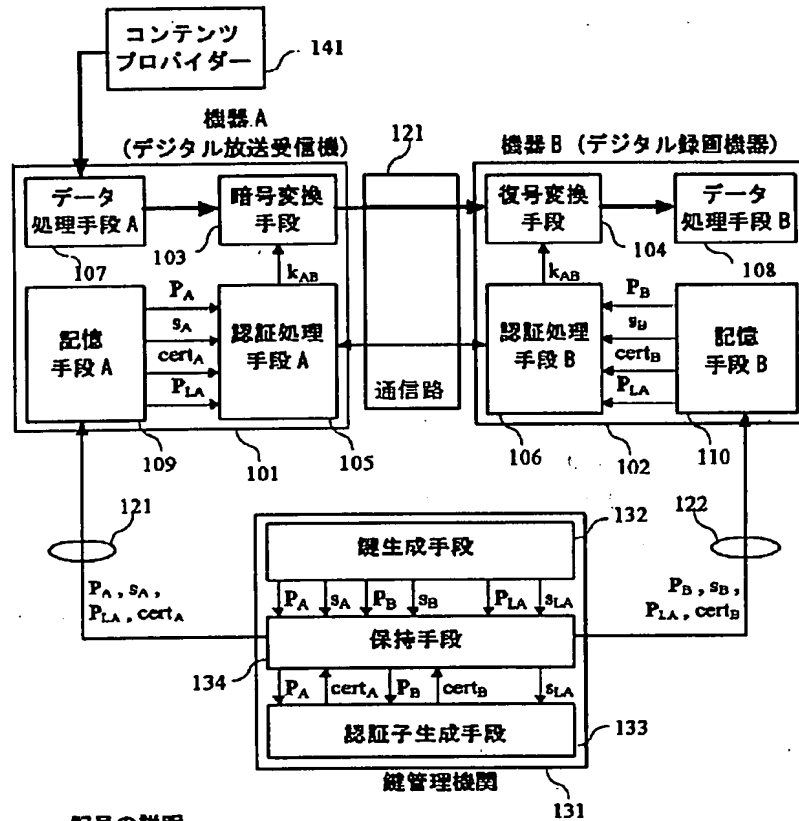
【図4】

図 4



【図1】

図 1

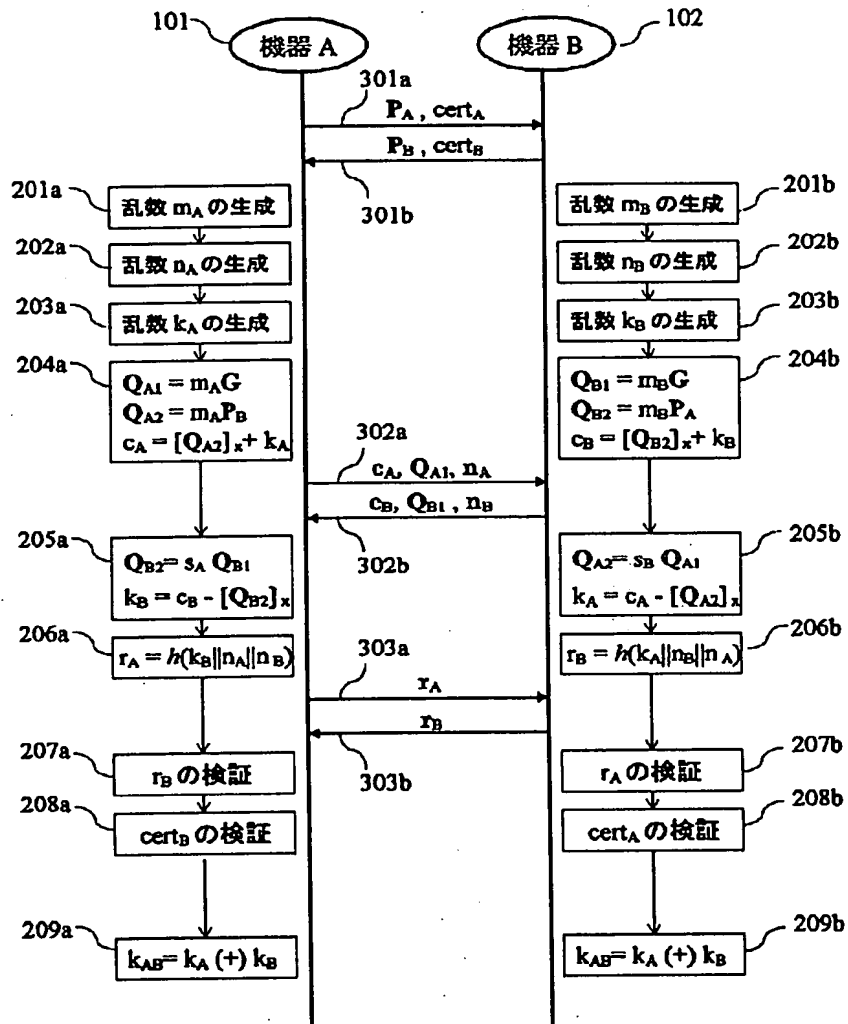


## 記号の説明

- $P_A$  : 機器Aの公開鍵  
 $s_A$  : 機器Aの秘密鍵  
 $P_B$  : 機器Bの公開鍵  
 $s_B$  : 機器Bの秘密鍵  
 $P_{LA}$  : 鍵管理機関の公開鍵  
 $s_{LA}$  : 鍵管理機関の秘密鍵  
 $cert_A$  : 機器Aの公開鍵の認証子  
 $cert_B$  : 機器Bの公開鍵の認証子  
 $k_{AB}$  : 暗号鍵

【図 2】

図 2



【図3】

図 3

